

证 明

REC'D 19 NOV 2004	
WIPO	PCT

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

IB/04/52400

申 请 日: 2003.12.01

申 请 号: 2003101181006

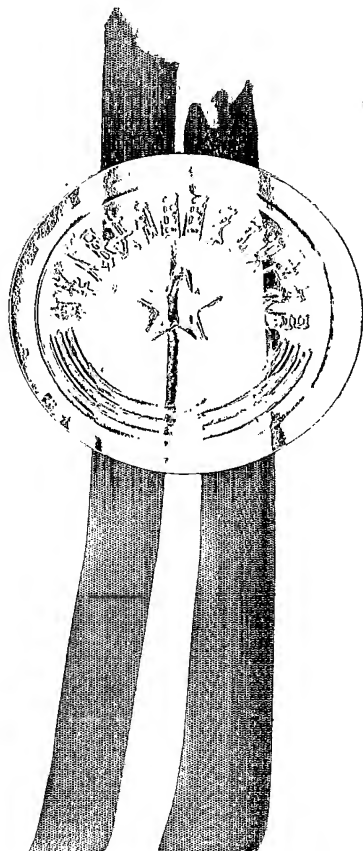
申 请 类 别: 发明

发明创造名称: 用于具有多个天线阵元的移动终端的通信方法及装置

申 请 人: 皇家飞利浦电子股份有限公司

发明人或设计人: 徐绿洲、李焱、戴延中、刘健

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



中华人民共和国
国家知识产权局局长

王 景 川

2004 年 10 月 11 日

权 利 要 求 书

1、一种在具有多个天线阵元的移动终端中执行的通信方法，包括步骤：

(a)接收来自多个天线阵元的相应的接收向量信号；

(b)根据该相应的接收向量信号，计算与各个天线阵元的接收向量信号相应的合适的加权向量；和

(c)将该相应的合适的加权向量分别与该接收向量信号进行加权合并，以得到一个信噪比最大的输出信号。

2、如权利要求 1 所述的方法，其中步骤(b)包括：

(b1)通过对所述接收向量信号采用时域统计的方法，计算该接收向量信号的自相关矩阵；

(b2)根据该接收向量信号的自相关矩阵，计算所述合适的加权向量。

3、如权利要求 2 所述的方法，其中步骤(b2)包括：

(b21)根据所述接收向量信号，计算向量信道响应的自相关矩阵；

(b22)根据该向量信道响应的自相关矩阵和所述接收向量信号的自相关矩阵，计算向量噪声的自相关矩阵；和

(b23)根据所述向量信道响应的自相关矩阵和所述向量噪声的自相关矩阵，计算与所述接收向量信号中所选择时刻的信号相对应的合适加权向量。

4、如权利要求 3 所述的方法，其中该所述接收向量信号中所选择时刻的信号是所述接收向量信号中各个时刻的信号。

5、如权利要求 4 所述的方法，其中步骤(b23)根据以下公式计算所述合适的加权向量 \underline{W}_{opt} ：

$$\underline{R}_{hh} \cdot \underline{W} = \lambda \cdot \underline{R}_{zz} \cdot \underline{W}$$

其中:

R_{hh} 是所述向量信道响应的自相关矩阵;

R_{zz} 是所述向量噪声的自相关矩阵;

λ 是特征值;

\underline{W} 是加权向量;

其中, 与特征值 λ 的最大值对应的加权向量 \underline{W} 是所述合适的加权向量 \underline{W}_{opt} 。

6、如权利要求 2 所述的方法, 其中, 所述时域统计是对于所述接收向量信号中选定时间范围内的接收向量信号进行的, 以得到对应于该选定时间范围内的接收向量信号的自相关矩阵, 其中, 所确定的所述合适的加权向量是对应于该选定时间范围的接收向量信号的合适的加权向量, 该方法还包括步骤:

(b3) 根据该选定时间范围内的接收向量信号的自相关矩阵, 计算后续接收向量信号的自相关矩阵;

(b4) 根据该选定时间范围的接收向量信号的合适的加权向量和该后续接收向量信号的自相关矩阵, 确定该后续接收向量信号的合适的加权向量。

7、如权利要求 6 所述的方法, 其中步骤(b4)根据以下公式计算所述后续接收向量信号的合适的加权向量:

$$\underline{W}_{opt}^H(t+1) = R_{rr}(t+1) \cdot \underline{W}_{opt}^H(t) / (\| R_{rr}(t+1) \cdot \underline{W}_{opt}^H(t) \|)$$

其中:

$R_{rr}(t+1)$ 是所述后续接收向量信号的自相关矩阵;

$\underline{W}_{opt}^H(t)$ 是所述选定时间范围的接收向量信号的合适的加权向量的共轭转置;

$\underline{W}_{opt}^H(t+1)$ 是所述后续接收向量信号的合适的加权向量的共轭转置;

$\| R_{rr}(t+1) \cdot \underline{W}_{opt}^H(t) \|^2$ 是对 $R_{rr}(t+1) \cdot \underline{W}_{opt}^H(t)$ 进行范数运算。

8、一种具有多个天线阵元的移动终端，包括：

一个接收单元，用于接收来自多个天线阵元的相应的接收向量信号；

一个计算单元，用于根据该相应的接收向量信号，计算与各个天线阵元的接收向量信号相应的合适的加权向量；和

一个合并单元，用于将该相应的合适的加权向量分别与该接收向量信号进行加权合并，以得到一个信噪比最大的输出信号。

9、如权利要求 8 所述的移动终端，其中所述计算单元，通过对所述接收向量信号采用时域统计的方法，计算该接收向量信号的自相关矩阵，并根据该接收向量信号的自相关矩阵，计算所述合适的加权向量。

10、如权利要求 9 所述的移动终端，其中所述计算单元，根据所述接收向量信号，计算向量信道响应的自相关矩阵；根据该向量信道响应的自相关矩阵和所述接收向量信号的自相关矩阵，计算向量噪声的自相关矩阵；并根据所述向量信道响应的自相关矩阵和所述向量噪声的自相关矩阵，计算与所述接收向量信号中所选择时刻的信号相对应的合适加权向量。

11、如权利要求 10 所述的移动终端，其中该所述接收向量信号中所选择时刻的信号是所述接收向量信号中各个时刻的信号。

12、如权利要求 11 所述的移动终端，其中所述计算单元，根据以下公式计算所述合适的加权向量 \underline{W}_{opt} ：

$$R_{hh} \cdot \underline{W} = \lambda \cdot R_{zz} \cdot \underline{W}$$

其中：

R_{hh} 是所述向量信道响应的自相关矩阵；

R_{zz} 是所述向量噪声的自相关矩阵；

λ 是特征值；

W 是加权向量;

其中, 与特征值 λ 的最大值对应的加权向量 W 是所述合适的加权向量 \underline{W}_{opt} 。

13、如权利要求 9 所述的移动终端, 其中, 所述时域统计是对于所述接收向量信号中选定时间范围内的接收向量信号进行的, 以得到对应于该选定时间范围内的接收向量信号的自相关矩阵, 其中, 所确定的所述合适的加权向量是对应于该选定时间范围的接收向量信号的合适的加权向量, 所述计算单元, 根据该选定时间范围内的接收向量信号的自相关矩阵, 计算后续接收向量信号的自相关矩阵, 并根据该选定时间范围的接收向量信号的合适的加权向量和该后续接收向量信号的自相关矩阵, 确定该后续接收向量信号的合适的加权向量。

14、如权利要求 13 所述的移动终端, 其中所述计算单元, 根据以下公式计算所述后续接收向量信号的合适的加权向量:

$$\underline{W}_{opt}^H(t+1) = R_{rr}(t+1) \cdot \underline{W}_{opt}^H(t) / (\| R_{rr}(t+1) \cdot \underline{W}_{opt}^H(t) \|)$$

其中:

$R_{rr}(t+1)$ 是所述后续接收向量信号的自相关矩阵;

$\underline{W}_{opt}^H(t)$ 是所述选定时间范围的接收向量信号的合适的加权向量的共轭转置;

$\underline{W}_{opt}^H(t+1)$ 是所述后续接收向量信号的合适的加权向量的共轭转置;

$\| R_{rr}(t+1) \cdot \underline{W}_{opt}^H(t) \|$ 是对 $R_{rr}(t+1) \cdot \underline{W}_{opt}^H(t)$ 进行范数运算。

用于具有多个天线阵元的移动终端的通信方法及装置

技术领域

本发明涉及一种通信方法及装置,尤其涉及一种用于具有多个天线阵元的移动终端的通信方法及装置。

技术背景

多天线 (multiple-antenna) 技术,通常采用两个或两个以上的单天线阵元组成天线阵,针对每个天线阵元接收的信号,通过利用适当的权值进行加权而调整接收信号的相位和幅度,以使得接收信号在经过加权求和后,需要的信号得到加强,干扰的信号得到削弱。与传统的单天线技术相比,由于在克服多径(multi-path)干扰问题上显示的特别优势,多天线技术在通信领域中具有良好的应用前景。

在无线通信体系中,多天线技术不仅可以应用在基站上,提高基站的信号接收性能,而且还可以应用在移动终端中,进一步提高通话的质量。在 2002 年 12 月 27 日递交的申请人为皇家飞利浦电子股份有限公司、中国国家申请号为 02160403.7 的题目为“具有多天线的移动终端及其方法”的专利申请文件中,以及该同一申请人在同一日递交的中国国家申请号为 02160402.9 的题目为“具有智能天线的移动终端及其方法”的另一专利申请文件中,描述了两种将多天线技术应用在移动终端中的技术方案,在此以插入的方式,加入这两份申请披露的内容。

图 1 所示为一个采用多天线技术的移动终端、在接收经由无线传播信道传输的无线信号的示意图。如图中所示,基站 BS 的发射机 10 发送的无线信号 $d(t)$,经由 L 条路径组成的无线传播信道 20 传输到用户终端 UE 的接收机 30。在用户终端 UE 中,由 N 个天线阵元组成的天线单元 301 接收来自该 L 条路径的无线信号,并将接收的 N 个无线信号分别输入到由 N 组射频滤波器、放大器和混频器组成的射频处理单元 302。在移动终端 UE 中,在传统单天线移动终端的射频

处理单元 302 和调制解调单元 304 之间插入了一个独立的多天线处理单元 303, 当 N 个无线信号在经过射频处理单元 302 的处理而转换为基带信号后, 输入到该多天线处理单元 303。在多天线处理单元 303 中, 可以采用上述申请号为 02160403.7 或 02160402.9 申请文件中公开的方法, 对 N 个输入的基带信号进行加权合并, 并将合并后的信号输入到调制解调单元 304, 从而在调制解调单元 304 中, 利用瑞克接收机 (rake receiver)、联合检测 (Joint Detection) 等方法解调基带信号中的信息。

在图 1 中, 天线单元 301 在 t 时刻收到的接收向量信号 $\underline{r}(t)$ 和接收向量噪声 $\underline{z}(t)$ 可以分别用矩阵形式表示为:

$$\underline{r}(t)=[r_1(t), r_2(t), \dots, r_N(t)]^T,$$

$$\underline{z}(t)=[z_1(t), z_2(t), \dots, z_N(t)]^T$$

其中, $[.]^T$ 表示数学运算中的矩阵转置, N 是接收天线阵元的数目, 矩阵中的元素 $r_n(t)$ 表示第 n 个天线阵元接收的信号, $z_n(t)$ 表示第 n 个天线阵元收到的噪声。

假定在上述 L 条路径组成的无线传播信道中, 经由第 l 条路径传输到天线单元 301 的信号的时延量为 t_l , 向量信道响应为 \underline{h}_l , 则上述天线单元 301 收到的接收向量信号 $\underline{r}(t)$ 可以表示为等式(1):

$$\underline{r}(t)=\underline{h}_1 d(t-t_1)+\underline{h}_2 d(t-t_2)+\underline{h}_3 d(t-t_3)+\dots+\underline{h}_L d(t-t_L)+\underline{z}(t) \quad (1)$$

天线单元 301 将收到的上述形式的接收向量信号 $\underline{r}(t)$ 输入到射频处理单元 302。在被射频处理单元 302 转换成基带信号后, 该接收向量信号 $\underline{r}(t)$ 被输入到多天线处理单元 303。如上所述, 多天线处理单元 303 利用加权向量 $\underline{W}=[w_1, w_2, w_3, \dots, w_N]^T$, 对该接收向量信号 $\underline{r}(t)$ 进行加权合并, 并产生合并后的信号 $s(t)$ 。

合并后的信号 $s(t)$ 可以用下述等式(2)表示:

$$\begin{aligned} s(t) &= w_1^* \cdot r_1(t) + w_2^* \cdot r_2(t) + \dots + w_N^* \cdot r_N(t) \\ &= \underline{W}^H \cdot \underline{r}(t) \\ &= \underline{W}^H \cdot \underline{h}_1 d(t-t_1) + \underline{W}^H \cdot \underline{h}_2 d(t-t_2) + \underline{W}^H \cdot \underline{h}_3 d(t-t_3) + \dots + \underline{W}^H \cdot \underline{h}_L d(t-t_L) \\ &\quad + \underline{W}^H \cdot \underline{z}(t) \end{aligned} \quad (2)$$

其中, w_1^* 、 w_2^* 、...、 w_N^* 分别是 w_1 、 w_2 、...、 w_N 的共轭复数, \underline{W}^H 是加权向量 \underline{W} 的共轭转置。

多天线处理单元 303 将加权合并后的信号 $s(t)$, 传送到调制解调单元 304。调制解调单元 304 对加权合并后的信号 $s(t)$ 进行解调, 以得到基站 BS 发送的信息。

从上文描述可以看到, 为了能够从信号 $s(t)$ 中正确地解调出基站 BS 发送的信息, 多天线处理单元 303 必须选择合适的加权向量 \underline{W} 对接收向量信号 $\underline{r}(t)$ 进行加权合并处理, 从而使得在合并后的信号 $s(t)$ 中, 需要的信号得到加强, 干扰的信号得到削弱。在公开号为 WO0203565、发明名称为“BEAM FORMING METHOD USING WEIGHTING FACTORS THAT ARE PERIODICALLY RENEWED (使用周期更新的加权系数的波束成型方法)”的 PCT 国际申请中, 和公开号为 WO0191323、发明名称为“BEAM FORMING METHOD(波束成型方法)”的 PCT 国际申请中, 公开了两种波束成型方法。在这两种方法中, 可以根据来自多个天线的输入信号的自相关矩阵的特征向量和特征值来计算加权向量 \underline{W} , 然后利用计算得到的加权向量 \underline{W} 对来自多个天线的输入信号进行加权合并。

尽管在这两种方法中, 采用基于输入信号的自相关矩阵的特征向量和特征值来计算加权向量 \underline{W} , 在从加权合并后的信号中解调信息时, 取得了较好的系统性能, 但是, 上述两种方法, 在利用输入信号自相关矩阵的特征向量和特征值计算加权向量 \underline{W} 时非常复杂, 并且执行该算法的硬件模块的复杂程度也相应增高。

发明内容

本发明的其中一个目的是提供一种用于具有多个天线阵元的移动终端的通信方法及装置。在该方法及装置中, 按照最大信噪比(Maximum Signal-to-Noise Ratio)的原则, 生成加权向量 \underline{W} , 并利用该加权向量 \underline{W} 对多个天线阵元接收的信号进行加权合并。采用本发明的方法和装置, 不仅保持了良好的系统性能, 同时还有效地降低了生成加权向量 \underline{W} 的复杂度。

本发明的其中另一个目的是提供一种用于具有多个天线阵元的移动终端的通信方法及装置。在该方法及装置中，按照递归最大信噪比(Recursive Maximum Signal-to-Noise Ratio)的原则，生成加权向量 \underline{W} ，并利用该加权向量 \underline{W} 对多个天线阵元接收的信号进行加权合并。与基于最大信噪比的方法和装置相比，该基于递归最大信噪比的方法和装置可以更加降低生成加权向量 \underline{W} 的复杂度。

按照本发明的一种在具有多个天线阵元的移动终端中执行的通信方法，包括步骤：接收来自多个天线阵元的相应的接收向量信号；根据该相应的接收向量信号，计算与各个天线阵元的接收向量信号相应的合适的加权向量；和将该相应的合适的加权向量分别与该接收向量信号进行加权合并，以得到一个信噪比最大的输出信号。

按照本发明的一种具有多个天线阵元的移动终端，包括：一个接收单元，用于接收来自多个天线阵元的相应的接收向量信号；一个计算单元，用于根据该相应的接收向量信号，计算与各个天线阵元的接收向量信号相应的合适的加权向量；和一个合并单元，用于将该相应的合适的加权向量分别与该接收向量信号进行加权合并，以得到一个信噪比最大的输出信号。

附图简述

图 1 是一个具有多个天线阵元的移动终端在接收经由无线传播信道传输的无线信号的示意图；

图 2 是本发明的基于最大信噪比的通信方法的流程图；

图 3 是本发明的基于最大信噪比的通信装置的方框图；

图 4 是本发明的基于递归最大信噪比的通信方法的流程图；

图 5 是本发明的基于递归最大信噪比的通信装置的方框图。

发明详述

假设基站 BS 发射的信号 $d(t)$ 的功率为 1，即： $E\{|d(t)|^2\}=1$ ， $E\{|d(t)|^2\}$ 表示对信号 $d(t)$ 进行数学上的期望值(Expectation)运算，则根据等式 (2)，按照最大信噪比的原则，代价函数(cost function) $F(\underline{W})$ 可以表示

为等式(3)的形式:

$$\begin{aligned} F(\underline{W}) &= E\{ |\underline{W}^H \cdot \underline{h}_1 d(t-t_1)|^2 + |\underline{W}^H \cdot \underline{h}_2 d(t-t_2)|^2 + \dots \\ &\quad + |\underline{W}^H \cdot \underline{h}_L d(t-t_L)|^2 \} / E\{ |\underline{W}^H \cdot \underline{z}(t)|^2 \} \\ &= (\underline{W}^H \cdot \underline{R}_{hh} \cdot \underline{W}) / (\underline{W}^H \cdot \underline{R}_{zz} \cdot \underline{W}) \end{aligned} \quad (3)$$

其中:

$[\cdot]^H$ 表示数学运算中的共轭转置

\underline{R}_{hh} 是向量信道响应自相关矩阵, 且

$$\underline{R}_{hh} = \{ \underline{h}_1 \cdot \underline{h}_1^H + \underline{h}_2 \cdot \underline{h}_2^H + \dots + \underline{h}_L \cdot \underline{h}_L^H \} / L$$

\underline{h}_l 表示经由第 l 条路径传输到接收机的信号的向量信道响应, L 表示共 L 条路径;

\underline{R}_{zz} 是向量噪声自相关矩阵, 且

$$\underline{R}_{zz} = E\{ \underline{z}(t) \cdot \underline{z}(t)^H \}$$

在等式(3)中, 若一个加权向量 \underline{W} 能够使得 $F(\underline{W})$ 达到最大值, 表明等式(3)中的向量信道响应与向量噪声的比值达到最大值, 则将该加权向量 \underline{W} 代入等式(2), 也会使得输出信号 $s(t)$ 具有最大的信噪比, 该使得 $F(\underline{W})$ 达到最大值的合适的加权向量 \underline{W} , 也被称为最优加权向量 \underline{W}_{opt} 。

由数学推导可知, 与下面的等式(4)中的特征值 λ 的最大值相对应的特征向量就是该最优加权向量 \underline{W}_{opt} 。

$$\underline{R}_{hh} \cdot \underline{W} = \lambda \cdot \underline{R}_{zz} \cdot \underline{W} \quad (4)$$

从等式(4)可见, 为了计算最优加权向量 \underline{W}_{opt} , 需要首先得到向量噪声自相关矩阵 \underline{R}_{zz} 和向量信道响应自相关矩阵 \underline{R}_{hh} 。

其中, 向量信道响应自相关矩阵 \underline{R}_{hh} 可以通过已有信道估计技术得到; 向量噪声自相关矩阵 \underline{R}_{zz} 可以通过向量信道响应自相关矩阵 \underline{R}_{hh} 和接收向量信号自相关矩阵 \underline{R}_{rr} 通过等式(5)计算得到。

$$\underline{R}_{zz} = \underline{R}_{rr} - \underline{R}_{hh} \quad (5)$$

其中, 等式(5)中的接收向量信号自相关矩阵 \underline{R}_{rr} 可以通过等式(6)、对接收向量信号 $\underline{r}(t)$ 进行数学上的期望值运算得到。

nt

$$R_{rr} = E\{\mathbf{r}(t) \cdot \mathbf{r}(t)^H\} \quad (6)$$

基于上述原理，在下文中，将结合附图，分别描述本发明的两种用于具有多个天线阵元的移动终端的通信方法及装置。

1、基于最大信噪比的方法及装置

图 2 是本发明的基于最大信噪比的通信方法的流程图，如图 2 所示，首先在用户终端的接收机中缓存多个天线阵元在 T 时段内收到的接收向量信号 $\mathbf{r}(t)$ （步骤 S10）。然后，根据该接收向量信号 $\mathbf{r}(t)$ 估算信道参数，以得到向量信道响应自相关矩阵 R_{hh} （步骤 S20）。

在步骤 S20 中，可以采用 2002 年 12 月 30 日递交的申请人为皇家飞利浦电子股份有限公司、中国国家申请号为 02160461.4 的题目为“TDD/CDMA 系统中下行链路的训练序列检测方法”的专利申请文件中披露的方法，根据接收向量信号 $\mathbf{r}(t)$ ，估算得到 L 条传输路径中各条传输路径的向量信道响应 $\{h_1, h_2, \dots, h_L\}$ 。

在通过估算得到 L 条路径的向量信道响应 $\{h_1, h_2, \dots, h_L\}$ 后，利用上述的等式 $R_{hh} = \{h_1 \cdot h_1^H + h_2 \cdot h_2^H + \dots + h_L \cdot h_L^H\} / L$ ，即可得到向量信道响应自相关矩阵 R_{hh} （步骤 S30）。

在确定了向量信道响应自相关矩阵 R_{hh} 后，还需要确定接收向量信号自相关矩阵 R_{rr} ，以利用等式(5)计算得到向量噪声自相关矩阵 R_{zz} 。在本发明中，可以采用时域的统计方法，在缓存的接收向量信号 $\mathbf{r}(t)$ 中，对 N 个天线阵元在 T 时段内收到的所有接收向量信号执行期望值运算，如等式(7)所示，从而得到 N 个天线阵元的接收向量信号自相关矩阵 R_{rr} （步骤 S40）。

$$R_{rr} = \{\mathbf{r}(1) \cdot \mathbf{r}(1)^H + \mathbf{r}(2) \cdot \mathbf{r}(2)^H + \dots + \mathbf{r}(t) \cdot \mathbf{r}(t)^H + \dots + \mathbf{r}(T) \cdot \mathbf{r}(T)^H\} / T \quad (7)$$

然后，根据计算得到的向量信道响应自相关矩阵 R_{hh} 、接收向量信号自相关矩阵 R_{rr} 以及等式(5)，计算向量噪声自相关矩阵 R_{zz} （步骤 S50）。

接着，根据计算得到的向量噪声自相关矩阵 R_{zz} 、向量信道响应

自相关矩阵 R_{hh} 以及等式(4), 计算最优加权向量 \underline{W}_{opt} , 并将该最优加权向量 \underline{W}_{opt} 作为缓存器中缓存的 T 时段内的接收向量信号 $\underline{r}(t)$ 中的所有接收信号(即: N 个天线阵元在 T 时段内接收的所有信号)的最优加权向量 \underline{W}_{opt} (步骤 S60)。

最后, 根据计算得到的最优加权向量 \underline{W}_{opt} 以及等式(2), 对接收向量信号 $\underline{r}(t)$ 中不同时刻接收的信号进行加权合并, 从而得到信噪比最大的信号 $s(t)$ (步骤 S70)。

图 3 示出了上述基于最大信噪比方法的通信装置的方框图。如图 3 所示, 首先, 缓存单元 200 存储多个天线阵元在 T 时段内收到的接收向量信号 $\underline{r}(t)$ 。信道估计单元 210 根据存储在缓存单元 200 中的接收向量信号 $\underline{r}(t)$, 估算各个传输路径的向量信道响应 $\{\underline{h}_1, \underline{h}_2, \dots, \underline{h}_L\}$, 并将估算结果输入到 R_{hh} 计算单元 220。 R_{hh} 计算单元 220 根据输入的估算结果, 利用等式 $R_{hh} = \{\underline{h}_1 \cdot \underline{h}_1^H + \underline{h}_2 \cdot \underline{h}_2^H + \dots + \underline{h}_L \cdot \underline{h}_L^H\} / L$ 计算向量信道响应自相关矩阵 R_{hh} , 并将计算结果输入到 R_{zz} 计算单元 240 和加权向量计算单元 250。 R_{rr} 计算单元 230 根据存储在缓存单元 200 中的接收向量信号 $\underline{r}(t)$, 计算接收向量信号自相关矩阵 R_{rr} , 并将计算得到的接收向量信号自相关矩阵 R_{rr} 输入到 R_{zz} 计算单元 240。 R_{zz} 计算单元 240 根据来自 R_{rr} 计算单元 230 的 R_{rr} 和来自 R_{hh} 计算单元 220 的 R_{hh} , 利用等式(5)计算向量噪声自相关矩阵 R_{zz} , 并把计算得到的 R_{zz} 输出到加权向量计算单元 250。加权向量计算单元 250 根据来自 R_{zz} 计算单元 240 的 R_{zz} 和来自 R_{hh} 计算单元 220 的 R_{hh} , 利用等式(4)计算最优加权向量 \underline{W}_{opt} , 并把计算得到的最优加权向量 \underline{W}_{opt} 输出到合并单元 260。合并单元 260, 在输入该最优加权向量 \underline{W}_{opt} 后, 接收来自缓存单元 200 中的接收向量信号 $\underline{r}(t)$, 并利用该最优加权向量 \underline{W}_{opt} , 对 N 个天线阵元在 T 时段内接收的信号进行加权合并, 从而得到一个信噪比最大的信号 $s(t)$ 。

2、递归最大信噪比方法

在上述基于最大信噪比的方法中, 使用了 N 个天线阵元在 T 时

段内接收的接收向量信号 $\mathbf{r}(t)$ 中的所有信号, 计算接收向量信号自相关矩阵 \mathbf{R}_{rr} , 并利用该接收向量信号自相关矩阵 \mathbf{R}_{rr} , 计算得到最优加权向量 \mathbf{W}_{opt} 。

由于接收向量信号 $\mathbf{r}(t)$ 中包含的信号数量较大, 因此利用接收向量信号 $\mathbf{r}(t)$ 中所有的信号计算最优加权向量 \mathbf{W}_{opt} 所带来的计算量也很大, 相应的硬件也会复杂些。

为了进一步减少硬件的复杂程度, 在基于递归最大信噪比的方法中, 只利用接收向量信号 $\mathbf{r}(t)$ 中选定时间范围内接收的信号计算得到对应于该选定时间范围内的接收向量信号自相关矩阵 \mathbf{R}_{rr} , 并由该接收向量信号自相关矩阵 \mathbf{R}_{rr} 计算对应于该选定时间范围内的最优加权向量 \mathbf{W}_{opt} , 然后, 利用根据该选定时间范围内的接收向量信号自相关矩阵 \mathbf{R}_{rr} 和最优加权向量 \mathbf{W}_{opt} , 确定后续时间接收信号的最优加权向量 \mathbf{W}_{opt} 。

以下结合图 4 所示的流程图, 详细描述基于递归最大信噪比的通信方法。

首先, 在 $t=0$ 时(即: 尚未接收无线信号时), 初始化接收向量信号自相关矩阵 \mathbf{R}_{rr} 和最优加权向量 \mathbf{W}_{opt} , 例如, 将接收向量信号自相关矩阵 \mathbf{R}_{rr} 初始化为零矩阵, 而将最优加权向量 \mathbf{W}_{opt} 初始化为 $[1, 1, \dots, 1]^T / \text{sqrt}(N)$ 。其中 $\text{sqrt}(\cdot)$ 是均方根操作 (步骤 S200)。

然后, 执行接收向量信号自相关矩阵 \mathbf{R}_{rr} 的更新过程(步骤 S210), 该步骤包括: (I) 选定一个时间范围, 例如由起止时间参数 K 和 M 确定的时间范围(也称为时间窗口); (II) 按照上述等式(7), 可以将该选定时间范围内的接收向量信号自相关矩阵 \mathbf{R}_{rr} 表示为等式(9):

$$\begin{aligned} \mathbf{R}_{rr}(t) = & \{ \mathbf{r}(t-K) \cdot \mathbf{r}(t-K)^H + \mathbf{r}(t-K+1) \cdot \mathbf{r}(t-K+1)^H + \dots \\ & + \mathbf{r}(t) \cdot \mathbf{r}(t)^H + \mathbf{r}(t+1) \cdot \mathbf{r}(t+1)^H + \dots \\ & + \mathbf{r}(t+M-1) \cdot \mathbf{r}(t+M-1)^H + \mathbf{r}(t+M) \cdot \mathbf{r}(t+M)^H \} / (K+M+1) \end{aligned} \quad (9)$$

等式(9)利用 t 时刻前后接收的信号, 计算得到了 N 个天线阵元在 t 时刻的接收向量信号自相关矩阵 $\mathbf{R}_{rr}(t)$ 。

若采用递归算法, 则从等式(9)可以推导得到下一时刻($t+1$ 时刻)的接收向量信号自相关矩阵 $R_{rr}(t+1)$ 的表达式, 如等式(10)所示:

$$R_{rr}(t+1) = R_{rr}(t) + \{ \mathbf{r}(t+1+M) \cdot \mathbf{r}(t+1+M)^H - \mathbf{r}(t-K) \cdot \mathbf{r}(t-K)^H \} / (K+M+1) \quad (10)$$

即: 根据先前时刻的接收向量信号自相关矩阵 $R_{rr}(t)$, 可以采用递归的方式, 得到后续时刻的接收向量信号自相关矩阵 $R_{rr}(t+1)$ 。

在首次利用等式(10)计算后续时刻的接收向量信号自相关矩阵 R_{rr} 时, 等式(10)中的先前时刻的 $R_{rr}(t)$ 的值采用初始化的接收向量信号自相关矩阵 R_{rr} , 以计算得到 $t=1$ 时刻的接收向量信号自相关矩阵 $R_{rr}(1)$; 而在 $t=2$ 时刻, 可以根据 $R_{rr}(1)$ 的值, 利用等式(10), 将 $t=2$ 时刻的 R_{rr} 值更新为 $R_{rr}(2)$ 。如此递推, 每个后续时刻 $R_{rr}(t+1)$ 的值, 都可以通过利用先前时刻 $R_{rr}(t)$ 的值和等式(10)得到及时的更新。

在执行了接收向量信号自相关矩阵 R_{rr} 的数值更新过程后, 接着执行最优加权向量 $\underline{W}_{opt}(t)$ 的更新过程 (步骤 S220)。更新 $\underline{W}_{opt}(t)$ 利用的递归等式是:

$$\underline{W}_{opt}^H(t+1) = R_{rr}(t+1) \cdot \underline{W}_{opt}^H(t) / (\| R_{rr}(t+1) \cdot \underline{W}_{opt}^H(t) \|) \quad (11)$$

在首次利用等式(11)计算后续时刻的最优加权向量 \underline{W}_{opt} 时, 等式(11)中的先前时刻的 $\underline{W}_{opt}^H(t)$ 的值采用初始化的 $\underline{W}_{opt}^H(t)$, $R_{rr}(t+1)$ 是上述步骤 S210 中更新后的 R_{rr} 值, 从而由等式(11)可以计算得到 $t+1$ 时刻的最优加权向量 $\underline{W}_{opt}(1)$; 同上述接收向量信号自相关矩阵 R_{rr} 的数值更新过程类似, 采用递推的方式, 每个后续时刻 $\underline{W}_{opt}^H(t+1)$ 的值, 都可以通过利用先前时刻 $\underline{W}_{opt}^H(t)$ 的值、步骤 S210 中更新过的 $t+1$ 时刻的 $R_{rr}(t+1)$ 的值以及等式(11)得到及时的更新。

最后, 根据计算得到的当前时刻的最优加权向量 $\underline{W}_{opt}(t+1)$ 以及等式(2), 对当前时刻的接收向量信号 $\mathbf{r}(t+1)$ 中的接收信号进行加权合并, 从而得到当前时刻的信噪比最大的信号 $s(t+1)$ (步骤 S230)。

采用递归方法, 在对当前信号进行加权处理后, 将继续对下一时刻 (步骤 S240) 的接收向量信号 $\mathbf{r}(t)$ 进行加权合并处理, 并重复执行步骤 210 至步骤 230 的过程, 直至接收向量信号 $\mathbf{r}(t)$ 中各个时刻接收

的信号被处理完毕。

图 5 示出了上述基于递归最大信噪比方法的通信装置的方框图。如图 5 所示, 首先, R_{rr} 更新单元 230 和计算向量更新单元 250 分别对各自的接收向量信号自相关矩阵 R_{rr} 和最优加权向量 \underline{W}_{opt} 进行初始化, 例如: R_{rr} 更新单元 230 将接收向量信号自相关矩阵 R_{rr} 初始化为零矩阵, 而计算向量更新单元 250 将最优加权向量 \underline{W}_{opt} 初始化为 $[1, 1, \dots, 1]^T / \sqrt{N}$ 。然后, R_{rr} 更新单元 230 根据来自多个天线阵元的接收向量信号 $\underline{r}(t)$, 执行接收向量信号自相关矩阵 R_{rr} 的更新过程, 并将计算更新的接收向量信号自相关矩阵 R_{rr} , 提供给计算向量更新单元 250。计算向量更新单元 250 执行最优加权向量 $\underline{W}_{opt}(t)$ 的更新过程, 并将计算更新的最优加权向量 \underline{W}_{opt} , 提供给合并单元 260。最后, 合并单元 260 根据收到的各个时刻的最优加权向量 \underline{W}_{opt} , 利用等式(2)对接收向量信号 $\underline{r}(t)$ 中相应时刻的信号进行加权合并处理。

有益效果

综上所述, 按照本发明提供的一种用于具有多个天线阵元的移动终端的通信方法及装置。由于在该方法及装置中, 采用按照最大信噪比(Maximum Signal-to-Noise Ratio)的原则, 生成加权向量 \underline{W} , 并利用该加权向量 \underline{W} 对多个天线阵元接收的信号进行加权合并, 因此采用本发明的通信方法和装置, 不仅保持了良好的系统性能, 同时还有效地降低了系统的复杂度。

按照本发明提供的另一种用于具有多个天线阵元的移动终端的通信方法及装置。由于在该方法及装置中, 采用了递归最大信噪比(Recursive Maximum Signal-to-Noise Ratio)的方法生成加权向量 \underline{W} , 并利用该加权向量 \underline{W} 对多个天线阵元接收的信号进行加权合并, 因此与基于最大信噪比的方法和装置相比, 该基于递归最大信噪比的方法和装置可以更加降低系统的复杂度。

本领域技术人员应当理解, 本发明所公开的用于移动通信体系的

9

多天线接收方法及装置，可以用于蜂窝移动体系的接收机，特别是用于 TD-SCDMA 体系的移动终端，还可以用于多天线系统的芯片组和组件，以及移动无线通信终端和无线局域网终端等。

本领域技术人员应当理解，本发明所公开的用于移动通信体系的多天线接收方法及装置，可以在不脱离本发明内容的基础上做出各种改进。因此，本发明的保护范围应当由所附的权利要求书的内容确定。

说明书附图

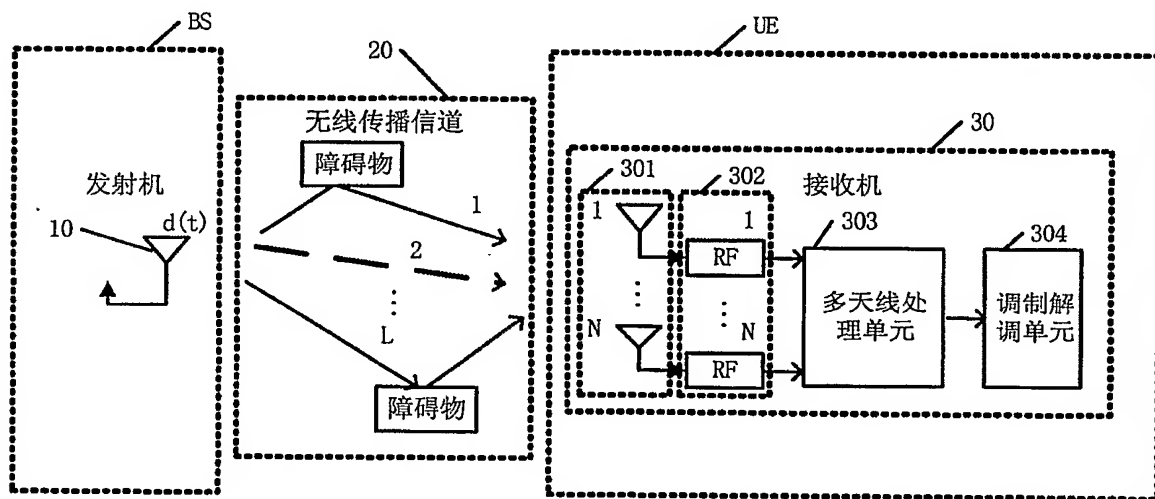


图 1

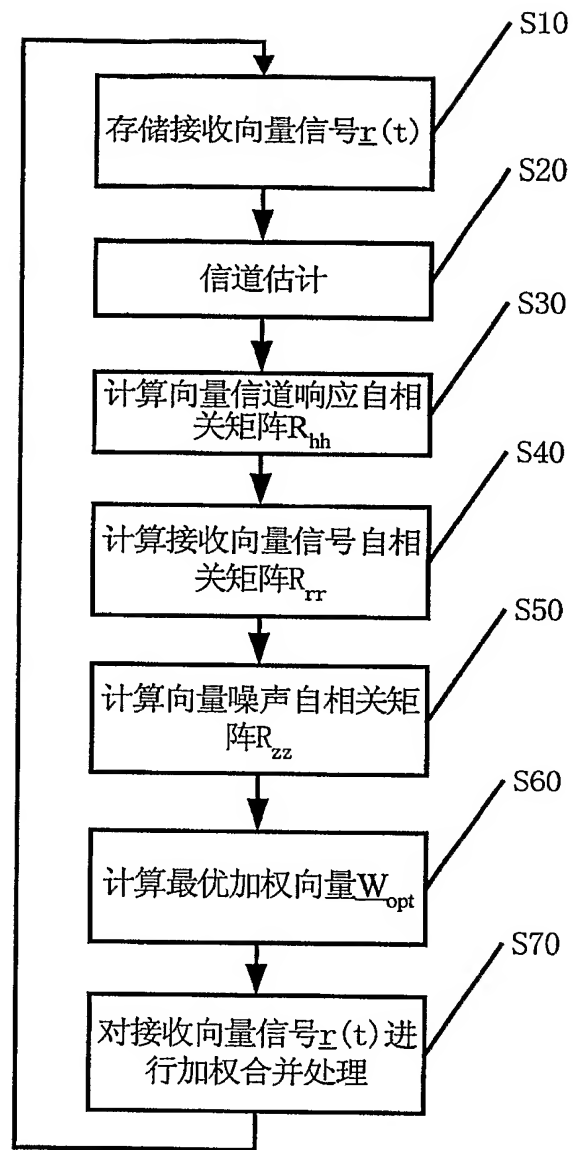


图 2

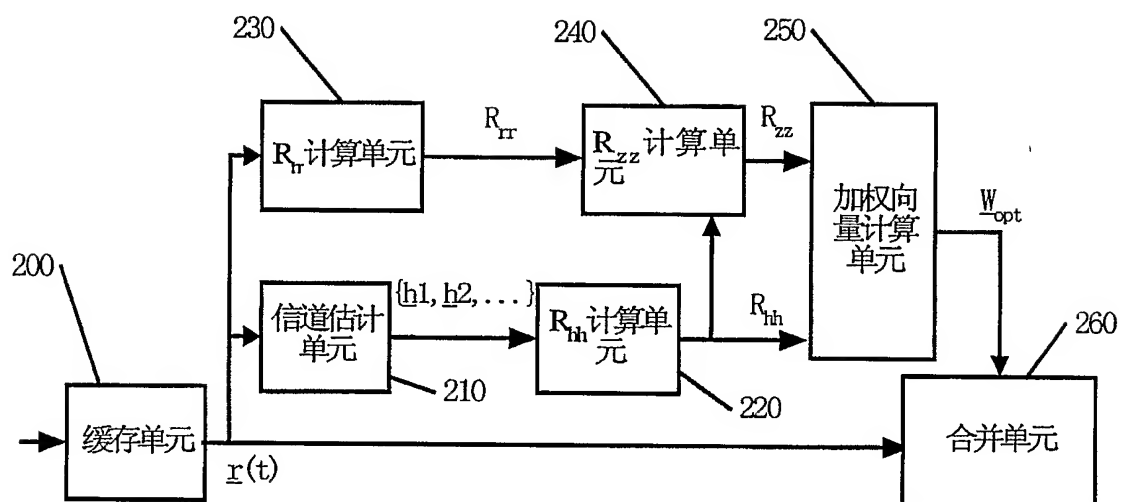


图 3

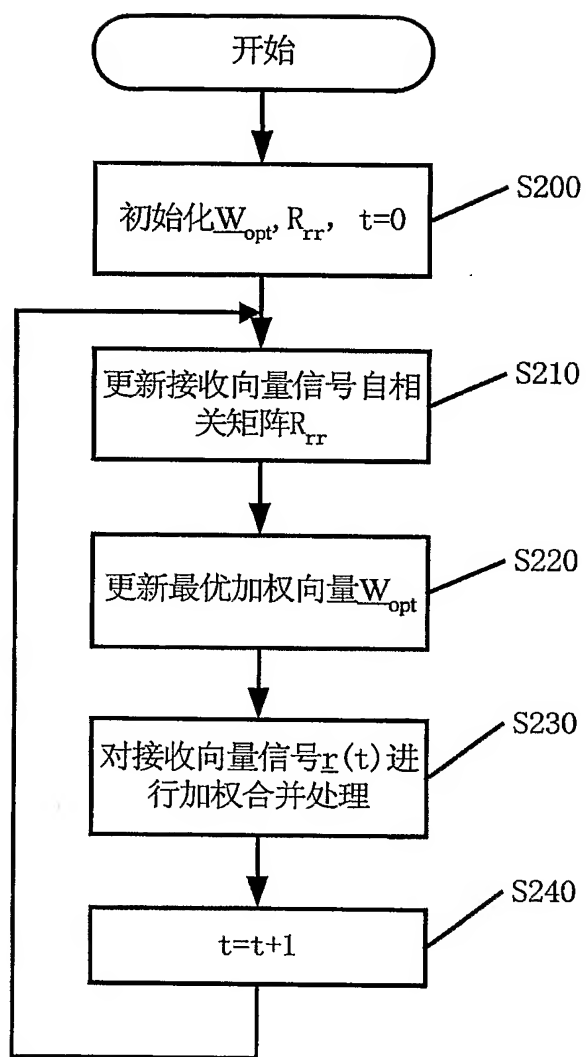


图 4

24

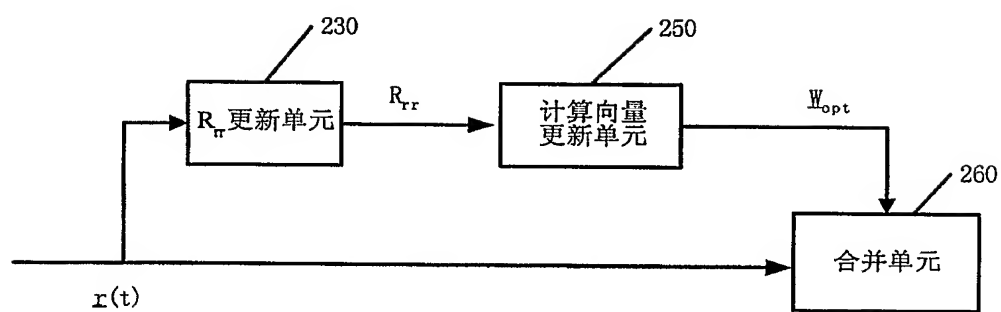


图 5